



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA - FAV

**Validação de protótipo para o estudo da zona conforto térmico de
aves**

Natália Lourenço Rezende

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Brasília-DF
julho/2019

Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV

Natália Lourenço Rezende

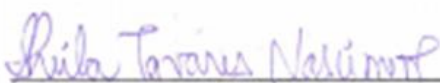
VALIDAÇÃO DE PROTÓTIPO PARA O ESTUDO DA ZONA DE CONFORTO
TÉRMICO DE AVES

Aluna: Natália Lourenço Rezende

Orientador: Profa. Dra. Sheila Tavares Nascimento

APROVADO PELA BANCA EXAMINADORA EM
11/07/2019

Trabalho de conclusão de
curso de graduação em
Agronomia apresentado junto
à Faculdade de Agronomia e
Medicina Veterinária da
Universidade de Brasília.



Professora Dr. Sheila Tavares Nascimento
Universidade de Brasília - UnB
Orientador



Professor Dr. Vinícius Machado dos Santos
Instituto Federal de Brasília - IFB
Examinador



Professor Dr. Eduardo Alves de Almeida
Universidade Federal do sul e sudeste do Pará - UNIFESSPA
Examinador

FICHA CATALOGRÁFICA

Rezende, N.L.

Validação de protótipo para o estudo da zona conforto térmico de aves/
Natália Lourenço Rezende; orientação de Sheila Tavares Nascimento -
Brasília, 2019.

Monografia - Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e
Medicina Veterinária, 2019.

1. 2. 3..

I. II.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

REZENDE, N.L. **Validação de protótipo para o estudo da zona conforto térmico de aves.** 2019. 37f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade de Brasília - UnB, Brasília, 2019.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: Natália Lourenço Rezende

Título da Monografia de Conclusão de Curso: Validação de protótipo para o estudo da zona conforto térmico de aves

Ano: 2019

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Natália Lourenço Rezende
e-mail: natalia.rezende49@gmail.com

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Edinaldo Camargo Rezende e Kátia Terezinha Lourenço de Oliveira, e à minha irmã Cecília Lourenço de Oliveira Macedo, pelos exemplos de simplicidade, humildade, honestidade e bondade para com quem quer que seja. Obrigada por tudo, vocês são únicos na minha vida, amo minha família.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e a Jesus Cristo, por sempre me guiarem e me mostrarem o melhor caminho por onde devo seguir.

Em especial aos meus pais Edinaldo Camargo Rezende e Kátia T.L. de Oliveira, que sempre incentivaram os meus estudos, sempre me deram apoio, amor e carinho.

À minha irmã Cecília Lourenço de O.M., que sempre me incentivou nos estudos, sempre me passou confiança, me dando carinho e amor.

À minha orientadora Professora Dra. Sheila Tavares Nascimento pelos conhecimentos transmitidos e ajuda acadêmica.

Ao professor Vinícius Machado dos Santos pelos conhecimentos transmitidos e ajuda acadêmica.

Ao meu Professor José Ricardo Peixoto, pelos conhecimentos transmitidos e pelas oportunidades de estágio.

À minha professora Michelle Vilela, pelos conhecimentos transmitidos, pelas oportunidades de estágio e pela oportunidade de participar do GEHORTI, grupo de estudos em horticultura.

Aos professores do curso de Agronomia por todo o conhecimento passado e pela contribuição indiscutível em minha formação profissional.

Ao CNPQ pela bolsa de estudos para a realização do experimento.

A toda a minha família pelo apoio.

Aos meus grandes amigos Ana Clara Nunes, Daiane Nóbrega, Fernanda Dias, Flávia Gomes, Giulia Lacerda, Isac Jeferson, Jordana Diniz, Wanessa Caldas, e tantos outros que fazem parte da minha vida e contribuíram para minha formação pessoal.

Aos meus colegas de faculdade pelos momentos de descontração, troca de conhecimentos e amizade.

À Jullyana Carvalho e ao Gabriel Oliveira por toda a ajuda na condução e término do experimento no Instituto federal de Brasília, campus Planaltina - DF.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT	viii
1.INTRODUÇÃO	1
2.OBJETIVO	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1. Avicultura de corte	3
3.1.1. Panorama atual da avicultura.....	3
3.2 Ambiência das instalações.....	4
3.2.1 Mecanismos de troca de calor	5
3.3Ambiência para pintos de corte: Sistemas de aquecimento	6
3.4 Zona de conforto térmico de pintos de corte	9
4.MATERIAL E MÉTODOS	12
4.1. Localização e caracterização da área experimental.....	12
4.2 Descrição do protótipo	13
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
6.CONCLUSÃO	27

REZENDE, N.L. **ESTUDO DA ZONA DE CONFORTO TÉRMICO DE PINTOS DE CORTE**. 2019. 37f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade de Brasília - UnB, Brasília, 2019.

RESUMO

Não há na literatura consenso sobre a zona de conforto térmico para pintos de corte na primeira semana de vida. A maior parte delas foi desenvolvida somente em função de variáveis relacionadas ao desempenho zootécnico e desenvolvidas em câmaras climáticas, sendo o mais adequado a partir da mensuração do equilíbrio térmico das aves. Desta forma, o desenvolvimento de protótipos para avaliações que quantifiquem simultaneamente parâmetros fisiológicos e comportamentais de forma não-invasiva, tem grande potencial de utilização, podendo ser utilizados numa grande amplitude de experimentos e com aplicabilidade para as diferentes fases de criação dos frangos de corte. O objetivo deste trabalho foi validar o uso de um protótipo móvel para o estudo da zona de conforto de aves. Para validação do protótipo, um experimento foi realizado durante 17 dias não consecutivos no ano de 2019 em uma sala de alvenaria com isolamento na Unidade de Ensino e Produção - UEP Avicultura, do Instituto Federal de Brasília, campus Planaltina, DF. Para simular o alojamento de pintos de corte foi construído um protótipo móvel de acrílico transparente, foi utilizado lâmpadas de infravermelho para simular o aquecimento (temperatura de 34°C). A umidade relativa e temperatura do ar no interior do protótipo foram mensuradas por um sistema do tipo Arduino, e no interior e exterior da sala por termohigrômetros a fim de se avaliar se há interferência do ambiente externo em relação ao interior da sala. Foram realizadas análises de correlação entre as variáveis e análise descritiva dos dados pelo programa SAS. O protótipo mostrou-se eficiente em manter a temperatura preconizada mesmo frente à variações externas. Portanto, o protótipo móvel foi validado, possibilitando executar testes para avaliação do conforto térmico e do comportamento de frangos de corte associado a índices zootécnicos, variáveis fisiológicas e diferentes taxas de ventilação.

Palavras-chave: estresse térmico, frangos de corte, protótipos móveis, zootecnia de precisão.

REZENDE, N.L. **ESTUDO DA ZONA DE CONFORTO TÉRMICO DE PINTOS DE CORTE**. 2019. 37f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade de Brasília - UnB, Brasília, 2019.

ABSTRACT

In the literature there is no consensus about the thermal comfort zone of broiler chicks in the first week of life. In the literature there is no consense about the thermal comfort zone for broiler chicks in the first week of the rearing period. Most of them were developed only in function of variables related to performance and developed in climatic chambers, but the more adequate is from the measurement of chicks thermal equilibrium. Thus, the development of prototypes to measurements which quantify simultaneously physiological and behavioural parameters with non invasive techniques, have great potential of use, considering low cost and that can be used in various researches and with applicability for the different stages of broiler chickens. The aim of this work was to validate the use of a mobile low cost prototype to the study of broiler chicks comfort thermal zone. To validate the prototype, a research was conducted in 17 non consecutive days in 2019 in a masonry room from the Unidade de Ensino e Produção - UEP Avicultura, of the Instituto Federal de Brasília, Planaltina campus, DF. To the accommodation of broiler chicks a mobile and low cost acrylic prototype was constructed, with infrared lamps to simulate the heating systems (temperature of 34°C). The relative humidity and air temperatures were measured using an Arduino system, and inside and outside of the room by thermohygrometers to investigate if the external environment influenced inside of the room. Correlation and descriptive analysis of data were performed using SAS software. The prototype was efficient to the maintenance of the recommended temperature even due to external environment variation. Therefore, the mobile prototype was validated, and it is possible to conduct tests to evaluate the thermal comfort and behaviour of broiler chickens linked to performance, physiological variables and different ventilation rates.

Keywords: broiler chickens, livestock precision farming, mobile prototypes, thermal stress.

1.INTRODUÇÃO

De acordo com dados da Associação Brasileira de Proteína Animal - ABPA (2017), a avicultura de corte brasileira foi um dos setores que mais cresceu economicamente, e atualmente o país é classificado como o segundo maior produtor mundial da carne, do qual, o consumo per capita por habitante está em torno de 42,07 kg por ano.

Os constantes avanços nas áreas de genética, nutrição e manejo incrementam o desempenho produtivo da ave, mas ao mesmo tempo, tornam esses animais cada vez mais sensíveis e exigentes em relação ao ambiente de criação (NASCIMENTO, 2015).

As aves são animais homeotérmicos, isto é, mantêm sua temperatura interna constante mesmo frente a oscilações da temperatura ambiente. Porém, a maturidade do sistema termorregulador é alcançada entre 10 a 12 dias de vida, o que as torna extremamente sensíveis ao frio nesse período. Em contrapartida, após essa fase, as aves tornam-se sensíveis a altas temperaturas, o que resulta na necessidade de fornecimento nas instalações tanto de sistemas de aquecimento quanto de resfriamento (TINÔCO et al 2010).

Existem na literatura diferentes recomendações sobre a zona de conforto térmico para pintos de corte na primeira semana de vida (MACARI & FURLAN, 2001; BAÊTA & SOUZA 1997; TINÔCO 2001). Entretanto, ressalta-se que a maior parte delas foi desenvolvida somente em função de variáveis relacionadas ao desempenho zootécnico e desenvolvidas em câmaras climáticas, sendo o mais adequado a partir da mensuração do equilíbrio térmico das aves.

Desta forma, o desenvolvimento de protótipos para avaliações que quantifiquem simultaneamente parâmetros fisiológicos e comportamentais de forma não-invasiva, como descrito por Fonseca, (2018) tem grande potencial de utilização, e que além disso, apresentem baixo custo, podendo ser utilizados numa grande amplitude de experimentos e com aplicabilidade para as diferentes fases de criação dos frangos de corte.

2.OBJETIVO

Diante do exposto, o objetivo geral deste trabalho foi validar o uso de um protótipo móvel para o estudo da zona de conforto térmico de pintos de corte.

O objetivo específico foi: avaliar variáveis meteorológicas (Temperatura do sensor da lâmpada, temperatura interna e externa à sala, Umidade relativa interna e externa à sala, temperatura dos sensores do arduino 1 e 2, umidade relativa dos sensores do arduino 1 e 2) para validar o uso de um protótipo móvel para o estudo da zona de conforto térmico de pintos de corte.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Avicultura de corte

3.1.1. Panorama atual da avicultura

A avicultura possui grande importância mundialmente, destacando - se tanto economicamente quanto pela grande produção de proteína animal para a alimentação dos seres humanos, por isso, a forma e meio em que os frangos são criados é de interesse de toda a cadeia avícola (COELHO, 2018).

O desenvolvimento tecnológico na área nutricional, sanitária, genética, ambiência e manejo fomentam o crescimento da cadeia avícola. Porém, atribuir o avanço da avicultura de corte somente a essas razões é inapropriado, uma vez que ocorreram melhorias na logística do sistema desde a criação até o consumidor final. (CALDAS, 2014).

A integração entre criadores de frangos e a agroindústria durante as décadas de 1960 e 1980, permitiu o aperfeiçoamento do processo de criação até o abate. Esse sistema permite as empresas escalonamento da produção anual, redução de custos industriais operacionais durante o abate e melhor emprego de instalações. Produtores se beneficiaram com uma maior produtividade e maior rentabilidade, pintos de boa procedência, fornecimento de insumos, com garantia de escalonamento da produção e, portanto, diminuição de riscos (VASCONCELOS et al., 2016).

Atualmente, no mercado avícola, o Brasil encontra-se em segundo lugar no ranking mundial de produção, atrás apenas dos Estados Unidos da América. Conforme os dados obtidos pela Associação Brasileira de Proteína animal – ABPA (2018), a produção média de carne de frango no ano de 2017 no Brasil foi de 13.05 milhões de toneladas. Do total dessa produção, 66.9% é destinada ao mercado interno e o restante 33.1% é destinada a exportações, se classificando como maior exportador mundial, 63% da exportação Brasileira de Carne de Frango se refere aos cortes (asas, coxas, sobrecoxas, dentre outras).

O Estado do Paraná, segundo ABPA (2018), é o maior produtor de aves do Brasil, sendo responsável por cerca de 37.2% das exportações brasileiras. No Distrito Federal o abate de aves chega a 0.52% o que corresponde a 1.16 % das exportações. O consumo per capita do Brasil, vem aumentando gradativamente no decorrer dos anos, registrando em 2018, 42.07 kg/hab/ano.

Estudos em ambiência revelam a importância que as instalações possuem em relação a produtividade. O conforto térmico nas instalações, estabelece melhores condições na criação das aves (STAUB et al., 2016).

3.2 Ambiência das instalações

As inovações tecnológicas que induzem ao surgimento de diversos sistemas produtivos de aves geram preocupações em relação à ambiência dos aviários devido as individualidades de cada um, para solucionar esses desafios e consequentemente obter os resultados esperados são necessários profissionais capacitados em determinados assuntos, como: aplicação dos conceitos básicos de ambiência, conhecimento da fisiologia da ave, diagnóstico bioclimático da microrregião de produção, entre outros. (ABREU & ABREU, 2011).

Nas instalações avícolas são utilizados princípios de ambiência para aquecimento e resfriamento. O melhoramento das instalações para diminuir o estresse por frio e calor é um grande desafio, essencialmente pela dificuldade de obter um isolamento térmico ideal nas construções de aviários (TINÔCO, 2016).

Segundo Glavina et al., (2017) o conforto térmico é essencial para o bom desenvolvimento da ave e consequentemente para alcançar um alto potencial produtivo, evitando problemas de bem-estar. Um bom planejamento de instalações para pintos de corte, tem como objetivo, a não interferência do ar externo com o interior do galpão, o ideal é que o ar quente seja mantido no interior do galpão nesta fase inicial.

Os pintos nos primeiros dias de vida, não possuem o sistema termoregulatório maduro, havendo necessidade do fornecimento de uma fonte de calor para evitar a exposição dos animais a uma condição de estresse por frio. Portanto, o monitoramento adequado de parâmetros do ambiente como velocidade do ar, temperatura e umidade relativa são fatores imprescindíveis na produção de frango, por serem importantes na manutenção da temperatura das aves (FERRAZ et al., 2017; NASCIMENTO et al., 2014).

3.2.1 Mecanismos de troca de calor

As aves utilizam mecanismos de regulação térmica para a manutenção da temperatura corporal constante, são eles, mecanismos de troca de calor sensível e latente que ajudam a manter a homeostase. A transferência de calor sensível ocorre por convecção, condução e radiação de ondas longas, já a transferência de calor latente ocorre por evaporação (KLEIN, 2016).

Conforme definido por Nascimento et al. (2015), a condução é o fenômeno de transferência de calor que ocorre do corpo mais quente para o corpo mais frio até atingir o equilíbrio térmico, e este mecanismo tem grande importância nas análises de transferência de calor que ocorre no interior do organismo, isto é, nas camadas de gordura, penas e pele das aves.

Por outro lado, a convecção é um fenômeno de transferência de calor que acontece entre um fluido e uma superfície. Quando o fluido e a superfície não estão em equilíbrio térmico, as moléculas do fluido se movimentam aleatoriamente próximo a superfície por convecção natural ou forçada (bombas, ventiladores, ventos atmosféricos) até atingir o equilíbrio térmico. O fluido quando em contato direto com a superfície do objeto é aquecido a uma temperatura mais próxima à da superfície. Este fenômeno tem grande importância na regulação e manutenção da temperatura das aves (NASCIMENTO et al., 2015).

Por fim, a radiação é a transferência de calor que ocorre por ondas eletromagnéticas do corpo mais quente para o mais frio. As aves conseguem absorver calor por meio da radiação emitida pelas superfícies de instalações, tais como, telhado, fontes de aquecimento e radiação solar. Sendo assim, os materiais utilizados para construção dos galpões podem influenciar na zona de termoneutralidade das aves, por isso a radiação é um dos índices utilizados para avaliar o conforto térmico das aves. As ondas de radiação não são influenciadas pela ação dos ventos (correntes de ar) (NASCIMENTO et al., 2014; VITORASSO et al., 2009).

As aves não possuem glândulas sudoríparas, são animais que se adaptam melhor a ambientes frescos, seu sistema termorregulador é mais adaptado para reter calor, além disso são animais homeotérmicos, isto é, possuem a capacidade de manter a temperatura corporal por meio de mecanismos comportamentais e fisiológicos (NASCIMENTO et al., 2014).

Apesar disso estes animais ainda conseguem perder água pela superfície cutânea, através de um processo chamado de difusão de vapor de água por meio da

camada mais externa da pele, epiderme, este mecanismo é denominado “perspiração insensível” que para frangos de corte representa uma contribuição muito pequena em relação à termorregulação (NASCIMENTO et al., 2015).

Segundo os mesmos autores, a evaporação respiratória é caracterizada pela perda de água pelo trato respiratório superior, evidente em elevadas temperaturas quando as aves apresentam intensa ofegação. A perda de calor por meio da evaporação provoca um maior gasto energético em relação aos outros mecanismos, como radiação, convecção e condução, alterando todo o metabolismo energético do animal. A evaporação respiratória tem grande interferência na manutenção da temperatura da ave, principalmente pelo fato do sistema respiratório, que tem como função, realizar as trocas gasosas, levar oxigênio até os tecidos e remover dióxido de carbono dos mesmos, ser essencial para a termorregulação, a ofegação dos animais caracteriza a troca de calor por evaporação respiratória.

Nos aviários são utilizados princípios de ambiência para aquecimento e resfriamento das instalações de acordo com a fase de criação de forma a proporcionar um ambiente adequado e evitar que os animais apresentem sinais de estresse que consequentemente diminuirão seu desempenho produtivo e afetando o bem-estar (NASCIMENTO et al., 2015).

3.3Ambiência para pintos de corte: Sistemas de aquecimento

Nas instalações avícolas são necessários sistemas de aquecimento nos primeiros dias de vida, devido a maior sensibilidade ao frio nesta fase, além de mecanismos de resfriamento durante o crescimento das aves (NASCIMENTO et al., 2015).

Segundo Abreu (2003) , existem vários tipos de aquecimento para aviários, são eles: aquecedores a lenha (campânulas e fornalhas), aquecedores elétricos (campânulas elétricas, lâmpadas infravermelhas, resistência embutida no piso), aquecedores a gás (Campânulas a gás, campânulas de placa cerâmica, campânulas infravermelhas, geradores de ar quente) e ainda existem alguns tipos alternativos, como, aproveitamento de resíduos (fornalha, biogás), canalização de água quente no piso e aquecimento solar.

Vigoderis (2006), ao estudar três tipos de aquecimento, Campânula, Fornalha e Tambor + campânulas, observou que o sistema de tambores de aquecimento + campânulas a gás, obteve melhores resultados em relação a eficiência e a quantidade

de energia, este mesmo autor, também observou que o sistema que obteve menor custo foi o sistema de fornalha, em relação aos outros.

De acordo com Barbosa (2017) a escolha da fonte de aquecimento para cada instalação relaciona-se a alguns fatores, como por exemplo, o custo e a eficiência envolvida no processo. Segundo Leva (2010), o sistema de aquecimento por lâmpadas é o mais limpo e de fácil manutenção em relação aos outros tipos, não corre a produção de gases tóxicos e a produção de calor é constante.

Entretanto, para cada tipo de aquecimento que pode ser utilizado na avicultura, tem-se suas principais características, bem como as vantagens e desvantagens relacionadas a cada um (ABREU, 2003; Tabela 1).

Tabela 1. Sistemas de aquecimento disponíveis na avicultura. Fonte: adaptado de Abreu (2003)

Tipo de Aquecedor	Características	Vantagens	Desvantagens
Aquecedores a lenha	<ul style="list-style-type: none"> - Fornalha - Chaminé - Ventilador - Termostato - Alarme - Tubos distribuidores de ar quente - Combustível: lenha - O calor é transmitido às aves por meio da condução 	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil acesso a madeira 	<ul style="list-style-type: none"> - Desmatamento - Produção de gases tóxico (filtros de ar são necessários) - A temperatura não mantém constante (Difícil Controle) - Alta quantidade de mão de obra
- Aquecedores a gás	<ul style="list-style-type: none"> - Gás natural e Gás liquefeito de petróleo (GLP) - O calor é transmitido às aves por meio da condução e convecção 	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil acesso ao gás. - Baixo índice de manutenção e mobilidade - Reinstalação com facilidade e rapidez. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mecanismo de alto custo. - A temperatura não mantém constante com a campânula em uma altura baixa, os gases provenientes da combustão se alojam abaixo da campânula, podendo atingir os pintos, prejudicando o aparelho respiratório.
- Aquecedores a gás com placas cerâmicas	<ul style="list-style-type: none"> - O calor é transmitido através da radiação 	<ul style="list-style-type: none"> - A distribuição da temperatura é mais eficiente em relação á campanula á gás. 	<ul style="list-style-type: none"> - As cerâmicas são muito frágeis podendo quebrar com facilidade.
- Aquecedores elétricos	<ul style="list-style-type: none"> - São constituídos de resistências elétricas, blindadas ou não, e lâmpadas infravermelhas. - O calor transmitido através da condução e da radiação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil manuseio - Produção de calor constante e não geração de gases tóxicos (CO e CO2). 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto consumo de energia elétrica, alto custo. - Interrupções de energia causam sérios problemas

3.4 Zona de conforto térmico de pintos de corte

O constante melhoramento genético das aves dificulta os estudos sobre ambiência, por isso ainda não existe um consenso que define as temperaturas ideais de cada fase da criação dos frangos de corte ABREU & ABREU (2011). Por exemplo, ao longo das últimas décadas, os frangos de corte apresentaram uma diminuição em relação a conversão alimentar, maior ganho de peso, e consequentemente, menor tempo para atingir o peso de abate (DE ALMEIDA,2009; Figura 1).

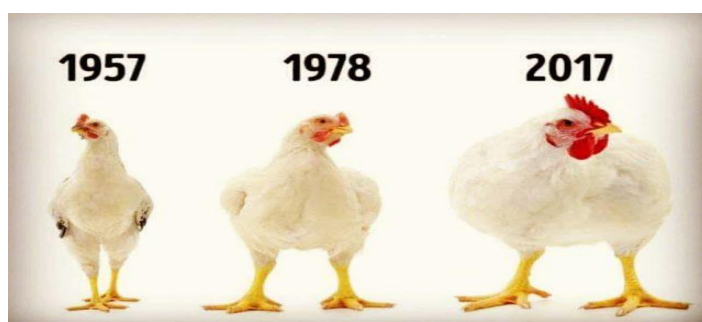


Figura 1. Representação do melhoramento genético de aves. Fonte: Compre Rural.

Segundo Baêta & Souza (1997) e Campos (1995), ambiente confortável para ave de corte seria aquele que apresentasse temperatura entre 18 a 28°C e 18 e 26°C, respectivamente, valor baixo em comparação com valores recentes.

Macari & Furlan (2001) relataram que a temperatura de conforto para a primeira semana de vida das aves se encontra em torno de 34° C, valor alto em comparação com estudos mais recentes como de Cassuce et al.(2013), Cândido et al.(2016), Teles Júnior et al. (2016), entre outros.

Outros autores indicaram que a faixa de temperatura de 32 e 34 °C é considerada confortável na primeira semana de vida aves (Tinôco,(2001); Medeiros et al.,(2005).

Destaca-se alguns estudos recentes em relação a zona de conforto térmico de frangos de corte que foram realizados na Universidade Federal de Viçosa - UFV, no Centro de Pesquisa em Ambiência e Engenharia Agroindustrial – AMBIAGRO (Tabela 2). Na UFV existem cinco câmaras climáticas com dimensões de 2.5 x 3.3 x 2.5 m que são utilizadas para a condução dos experimentos.

Cassuce et al. (2013), ao estudarem a zona de conforto térmico para frangos de corte da linhagem Cobb, durante 21 dias em diferentes temperaturas T27/24/21 (frio acentuado), T30/27/24 (frio moderado) ,T33/30/27 (conforto térmico) ,T39/36/33

(calor agudo) para a primeira, segunda e terceira semana de alojamento e umidade relativa em torno de 60%, observaram ao avaliar índices zootécnicos, maior ganho de peso, com a temperatura de 31.3°C, apontando esta como conforto para a primeira semana de vida (Tabela 2), valor menor do que o recomendado na literatura (34°C) por Macari & Furlan (2001).

Cândido et al. (2016) estudaram a zona de conforto térmico para frangos de corte da linhagem Cobb, em diferentes tratamentos de temperatura, conforto térmico recomendado na literatura T33,30,27; Conforto atualizado por Cassuce T30,27,24, estresse frio leve T27,24,21, estresse frio moderado T24,21,18, estresse frio severo T21,18,15 o autor definiu como temperatura de conforto 30° C na primeira semana de criação (tabela 2). Os autores afirmaram que nessa temperatura, ao avaliar índices zootécnicos, os animais apresentaram maior ganho de peso e menor conversão alimentar em comparação com as outras temperaturas avaliadas.

Teles Júnior (2016) realizou um experimento com o objetivo de desenvolver e testar um método computacional, baseado em análise de imagens, para avaliar a influência do ambiente térmico frio sobre o bem-estar e desempenho de frangos de corte na fase inicial de seu ciclo produtivo. Avaliando-se três tratamentos com base nos resultados descritos por Cassuce et al. (2013), Conforto Térmico T30,27,24, Frio Moderado T24,21,18 e Frio Acentuado 22,19,16, o autor relatou diferença estatística significativa ($P < 0,05$) entre os dados coletados nos diferentes ambientes, onde menores taxas de utilização do comedouro foi verificado na condição de estresse por frio acentuado. O valor observado para conforto térmico, na primeira semana foi de 30.1°C (Tabela 2).

O ideal seria a determinação da zona de conforto térmico considerando o equilíbrio térmico das aves, ou seja, pela quantificação da produção, perda e ganho de calor em função de diferentes condições de temperatura e umidade relativa do ambiente. Portanto, poderiam ser mensuradas variáveis comportamentais e fisiológicas dos animais para essa quantificação, o que pode ser mais difícil e oneroso em câmaras climáticas convencionais (Nascimento, 2015).

Tabela 2. Temperaturas de conforto e estresse para pintos de corte ao avaliar índices zootécnicos na fase inicial de criação (1 a 7 dias) descritas na literatura.

AMBIENTES TÉRMICOS	TEMPERATURA DO AR (°C)	AUTOR DO EXPERIMENTO
Conforto Preconizado (CP)	30	Cândido et al. (2016)
Conforto literatura	34	Macari & Furlan (2001)
Conforto Cassuce	31,3	Cassuce et al. (2013)
Conforto térmico	30,1 ± 0,5	Teles Júnior (2016)
Frio Brando (FB)	27,0 ± 0,5	Cândido et al. (2016)
Frio Moderado (FM)	23,7 ± 1,2 24,0 ± 0,5	Teles Júnior (2016) Cândido (2014)
Frio Acentuado (FA)	21,9 ± 0,4 21,0 ± 0,5	Teles Júnior (2016) Cândido et al. (2016)
Calor agudo	39	Cassuce et al. (2013)

3.5 Uso de Protótipos na área de Ambiência

Uma alternativa para estudos de ambiência térmica com aplicação nos aviários, além de câmaras climáticas, seriam além do uso de métodos computacionais, imagens, softwares, entre outros, a utilização de protótipos, como descrito por Fonseca (2018).

Ao se comparar câmaras climáticas com o protótipo móvel para obtenção da faixa de conforto térmico ideal, pode-se destacar uma maior vantagem, visto que é um aparato de baixo custo, móvel, com controle ambiental eficiente e de alta tecnologia, onde é possível coletar informações de temperatura e umidade relativa de forma contínua por meio de um sistema baseado em Arduino (Fonseca, 2018).

O Arduino é uma plataforma livre com hardware e software de fácil aprendizagem e manuseio, e sua estrutura permite que diversos sensores sejam acrescentados de forma a deixá-lo mais adequado para o projeto a que é proposto. Por ser de código aberto a plataforma Arduino passou a ser muito popular, fazendo com

que muitas empresas fabricassem diversos sensores e até mesmo a própria placa, reduzindo os custos de se utilizar essa tecnologia (ARDUINO INC., 2019).

Oliveira, (2015) ao analisar uma rede de sensores sem fio pelo protocolo ZigBee^R em um aviário, concluiu que a tecnologia permitiu otimizar o nível de automação do ambiente de produção animal, capaz de diminuir o custo operacional, o autor também destaca a possibilidade da tecnologia ser aplicada em ambientes de produção animal, capaz de aumentar a produtividade do sistema, visto que os dados coletados no ambiente de criação, são precisos.

Alecrim et al. (2013), ao estudarem variáveis meteorológicas na avaliação do conforto térmico para aves com a utilização de software, hardware e programas computacionais por meio de um protótipo, obtiveram sucesso para controlar equipamentos para ambiência e supervisionar variáveis meteorológicas.

A utilização de protótipos permite realizar testes com gases tóxicos, como no trabalho de Pokharel et al. (2017), que avaliaram a preferência das galinhas poedeiras em relação ao ar fresco e ao ar amoniacal. Além disso, é possível avaliar testes com incubadoras, como no experimento de Santana et al. (2013), no qual foi possível validar o protótipo de baixo custo para incubação de ovos férteis de aves caipiras.

O protótipo do presente experimento é bastante eficiente também para avaliação do comportamento de diferentes animais (galinhas poedeiras, codornas), índices zootécnicos, variáveis fisiológicas e diferentes taxas de ventilação.

4.MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi realizado durante 13 dias não consecutivos, os dados foram coletados nos horários de 9h às 18h em intervalos de 15 minutos nos meses de Abril, maio e junho do ano de 2019 no Instituto Federal de Brasília, campus Planaltina, Distrito Federal, na rodovia BF 128 – Km 21, S/N, 15°38'54" S, 47°41'50"W e altitude de 1.014 m. O clima da região segundo a classificação de Köppen corresponde ao tipo Aw (tropical chuvoso), com temperatura média de aproximadamente 21.7°C e pluviosidade média anual de 1371mm, caracterizando invernos secos e verões quentes e úmidos.

4.2 Descrição do protótipo

O projeto foi desenvolvido na Unidade de Ensino e Produção - UEP Avicultura, em uma sala de alvenaria com as dimensões de 3.28 m x 2.93 m e 2.84 m de altura. Com o objetivo de obter um isolamento térmico adequado, todas as entradas de ar da sala (teto, porta e janela) foram vedadas com isopor (polietileno) com espessura de 30 mm para porta e teto e de 14,5 cm para a janela (Figuras 2,3 e 4).



Figura 2. Janela vedada com isopor de polietileno no interior da sala de alvenaria da UEP- Avicultura do IFB - Planaltina - DF. Fonte: arquivo pessoal (2019)



Figura 3. Teto, parte interna vedada com isopor de polietileno no interior da sala de alvenaria da UEP- Avicultura do IFB - Planaltina - DF. Fonte: arquivo pessoal (2019)

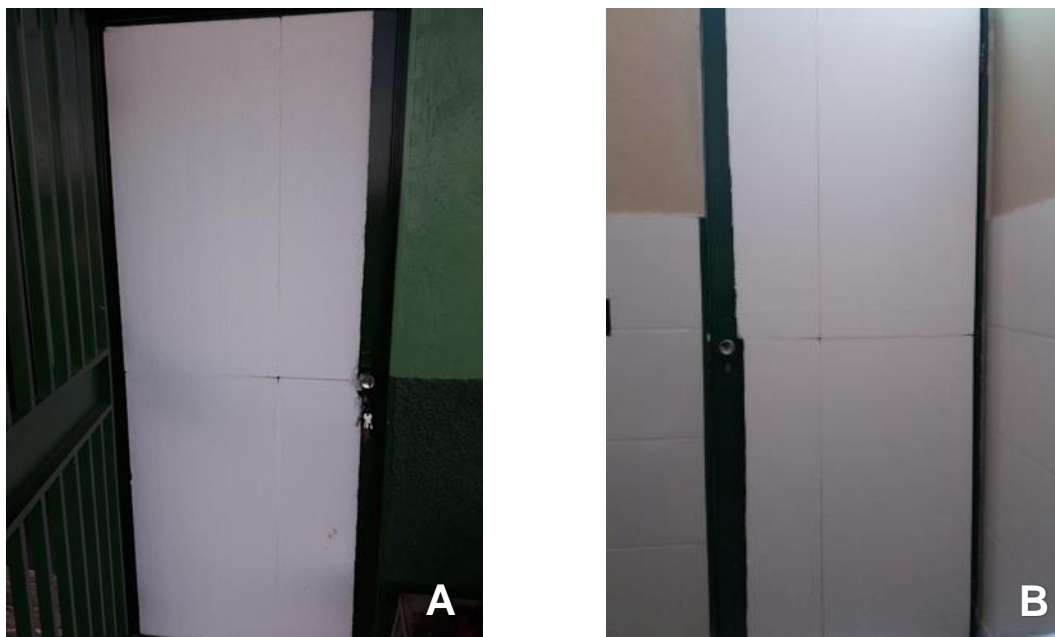


Figura 4. Porta, parte externa (A) e interna (B) vedada com isopor de polietileno no interior da sala de alvenaria da UEP- Avicultura do IFB - Planaltina - DF. Fonte: arquivo pessoal (2019).

Para simular o alojamento de pintos de corte foi construído um protótipo móvel de acrílico transparente (92% de transmitância luminosa), com espessura de 6mm, colocado sobre um suporte, distanciado 44 cm do piso da sala, para evitar troca de calor com o piso da sala (Figura 5), descrito previamente pelo trabalho de Fonseca (2018).

O protótipo permite a observação comportamental dos animais a olho nu, possui alto custo benefício e facilidade de transporte.



Figura 5. Imagem do protótipo móvel em cima do suporte colocado no interior da sala de alvenaria da UEP- Avicultura do IFB - Planaltina - DF. Fonte: arquivo pessoal (2019)

O protótipo possui dimensões equivalentes a 1,25m x 1,25m x 0,81m (comprimento, altura e largura; respectivamente) e uma área útil de 1,0125 m² (área de piso) para o alojamento de pintos. O protótipo possui 3 orifícios: 1. Janela de inspeção termográfica (raio de 0,15 m), 2. Janela para manejo de lâmpadas infravermelhas (85 cm x 27,5 cm, comprimento e altura, respectivamente), 3. Porta de entrada/saída de animais e manejo de materiais (0,30 m x 0,40 m, comprimento e altura, respectivamente) demonstrados na Figura 6.

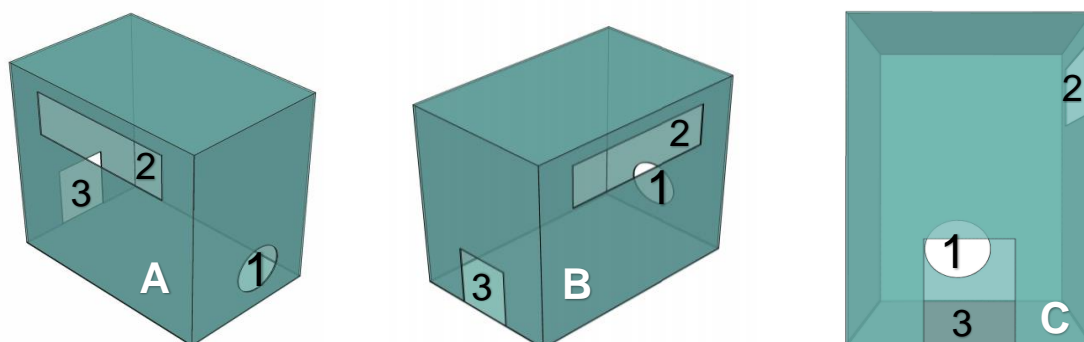


Figura 6. Desenho esquemático do protótipo móvel de acrílico para alojamento de pintos de corte Vista lateral esquerda (a), Vista lateral direita (b), vista frontal (c). 1. Janela de inspeção termográfica (raio de 0,15 m), 2. Janela para manejo de lâmpadas infravermelhas (85 cm x 27,5 cm, comprimento e altura, respectivamente), 3. Porta de entrada/saída de animais e manejo de materiais (0,30 m x 0,40 m, comprimento e altura, respectivamente) demonstrados nas figuras 2,3 e 4. Fonte: arquivo pessoal (2019).

A fim de simular um sistema de aquecimento e consequentemente a zona de conforto térmico preconizada por Macari & Furlan (2001) equivalente a 34°C para pintos de corte na primeira semana de vida, foram instaladas no protótipo duas lâmpadas infravermelhas da marca Philips de 230V. Para auxiliar na manutenção da temperatura foi colocado, na sala de alvenaria, um equipamento ar condicionado que possuía modo quente e frio (85 cm x 27,5 cm, comprimento e altura, respectivamente), da marca Electrolux, modelo VI07R/VE07R, do tipo Split, com potência de 7.000 BTU localizado na parte superior da parede. O aparelho de ar condicionado foi programado para se manter a uma temperatura máxima de 30°C, no modo quente. O ar

condicionado permite a correta circulação do ar e temperatura homogênea na sala (Figura 7).



Figura 7. Ar condicionado instalado colocado no interior da sala de alvenaria da UEP- Avicultura do IFB - Planaltina - DF. Fonte: Electrolux (2019)

O aquecimento foi simulado pelo uso de duas Lâmpadas Infravermelho de 150W (Figura 8), que permite um maior conforto para as aves, além de algumas vantagens, fácil manuseio e manutenção, produção de calor constante e homogêneo, bom equilíbrio entre vida útil e saída de calor , e além disso, não gera gases tóxicos (CO e CO₂) no interior do protótipo. As lâmpadas foram instaladas a uma altura de 19 cm do piso do protótipo.



Figura 8. Protótipo móvel acima do suporte com a luz infravermelha ligada no interior da sala de alvenaria da UEP - Avicultura do IFB - Planaltina - DF. Fonte: arquivo pessoal (2019).

A umidade relativa e temperatura do ar no interior do protótipo foram mensuradas com o auxílio de um sistema do tipo Arduino, e no interior da sala por um termohigrômetro (Hygrometer testo 608 – H1) e no ambiente externo foi instalado um termohigrômetro,(Hygrometer testo 608 - H1), para avaliar se há interferência do ambiente externo em relação ao interior da sala (Figura 9).



Figura 9. Termohigrômetro (Hygrometer testo 608 – H1). Fonte: Testo (2019)

O Arduino é composto por um registrador automático da temperatura e um termostato, e esse sistema estava programado para o acionar a lâmpada infravermelha a partir do momento que a temperatura no interior do protótipo se encontrasse inferior a 31.9° C e desligar no momento que a temperatura estivesse maior que 33.9°C (Figura 10). Além desse sistema, foi instalado outro modelo de arduino com sensores DHT-22 (precisão de umidade = 0,1 % RH, precisão na temperatura = +/- 1% °C), o qual, possui dois termostatos conectados a um *datalogger*, com a função de medir a umidade relativa do ambiente e temperatura em intervalos de um minuto (Figura 11). O objetivo desse sistema é atingir valores das variáveis climáticas ideais para cada fase de criação das aves. Os sensores foram instalados a uma altura de 3.5cm do piso do protótipo com o objetivo de simular o centro de massa dos pintos de corte e ficaram distanciados 22 cm da lâmpada de infravermelho, evitando-se assim que a temperatura ambiente fosse superestimada, o que faria com que as lâmpadas fossem mantidas ligadas por um período de tempo inferior ao necessário ao conforto dos pintos de corte.

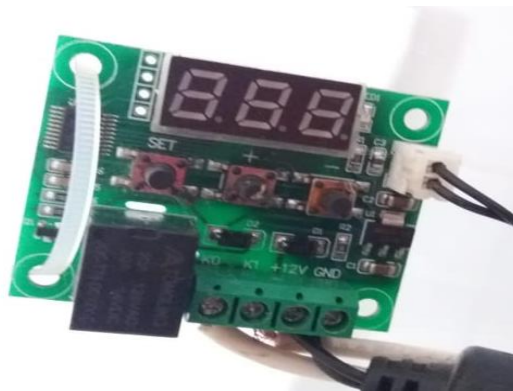


Figura 10. Termostato programado para desligar as luzes ao atingir temperatura de 34° C no interior do protótipo da sala de alvenaria da UEP - Avicultura do IFB - Planaltina - DF. Fonte: arquivo pessoal (2019)



Figura 11. Arduíno programado para mostrar umidade relativa e temperatura por minuto no interior do protótipo da sala de alvenaria da UEP - Avicultura do IFB - Planaltina - DF. Fonte: arquivo pessoal (2019)

Para averiguar a utilização do protótipo nos estudos sobre a zona de conforto térmico de pintos de corte, foram realizadas análise de correlação de Pearson entre as variáveis coletadas (sensor da lâmpada, temperatura da sala, temperatura do sensor do arduino 1, temperatura do sensor do arduino 2, umidade relativa do sensor do arduino 1 umidade relativa do sensor do arduino 2 e temperatura externa da sala) com o auxílio do programa “Statistical Analysis System” (SAS, versão 9.2), e análise descritiva dos dados coletados ao longo da pesquisa.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura do ar é um parâmetro importante para mensurar a qualidade de funções fisiológicas de pintos de corte em sistemas produtivos da avicultura.

Observou – se uma correlação significativa entre os Arduinos, Arduino 1 e Arduino 2 ($r = 0,90778$; $p < 0,0001$, Tabela 3) portanto, do mesmo modo que temperatura medida por um Arduino aumenta, a temperatura pelo outro também aumenta, esse resultado era esperado pois os dois estavam localizados no mesmo ambiente, com alturas iguais (Figura 12).

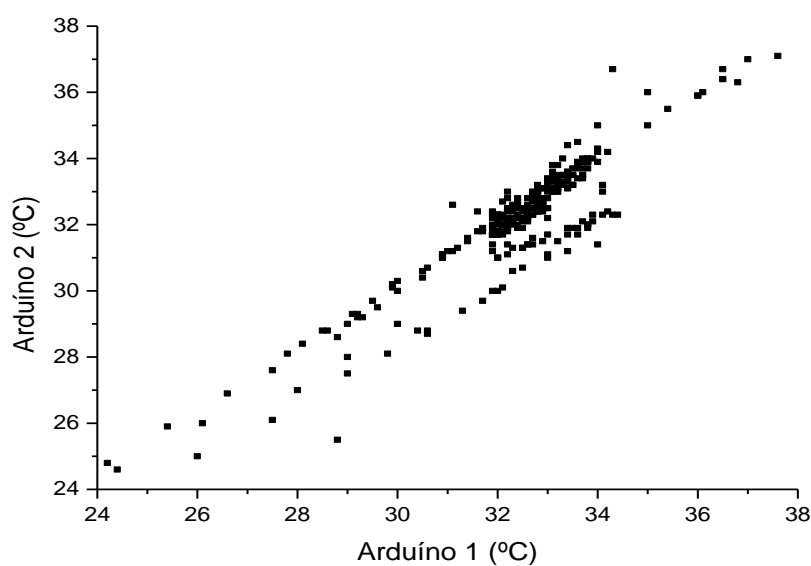


Figura 12. Dispersão das temperaturas mensurada entre os Arduinos localizados no interior do protótipo durante os dias de coleta na UEP - Avicultura do IFB - Planaltina – DF.

Tabela 3. correlação entre as variáveis, sensor da lâmpada temperatura da sala (T_{SALA}), temperatura do sensor do Arduino 1 ($T_{ARDUINO1}$), temperatura do sensor do arduino 2 ($T_{ARDUINO2}$),umidade relativa sensor Arduino 1,umidade relativa sensor arduino 2, ($UR_{ARDUINO2}$),temperatura externa a sala (T_{EXT}), umidade relativa externa a sala($UR_{EXTSALA}$), umidade relativa da sala(UR_{SALA}).

VARIÁVEIS	SENS _{LAMP}	T _{SALA}	T _{ARDUINO 1}	T _{ARDUINO 2}	UR ARDUINO 1	UR ARDUINO 2	T. EXT	UR _{EXT A SALA}	UR _{SALA}
SENS _{LAMP}		$r = 0.27740$ $p < .0001$	$r = 0.66082$ $p < .0001$	$r = 0.63480$ $p < .0001$	$r = -0.15072$ $p < 0.0078$	$r = -0.17055$ $p < .0026$	$r = 0.41275$ $p < 0.0001$	$r = -0.41360$ $p < .0001$	$r = -0.20153$ $p < 0.0004$
T _{SALA}			$r = 0.17523$ $p < .0.0020$	$r = 0.05600$ $p < 0.3265$	$r = 0.31006$ $p < .0001$	$r = 0.34819$ $p < .0001$	$r = 0.47438$ $p < .0001$	$r = -0.35194$ $p < 0.0001$	$r = -0.69580$ $p < .0001$
T _{ARDUINO 1}				$r = 0.90778$ $p < .0001$	$r = 0.10983$ $p < .0.0534$	$r = 0.11850$ $p < .0.0373$	$r = 0.48260$ $p < .0.0001$	$r = -0.04008$ $P < 0.4827$	$r = 0.28017$ $p < 0.0001$
T _{ARDUINO 2}					$r = 0.07126$ $p < .0.2108$	$r = -0.02248$ $p < .0.6933$	$r = 0.34974$ $p < .0001$	$r = 0.01746$ $p < .0.7599$	$r = 0.31710$ $p < .0001$
UR _{ARDUINO 1}						$r = 0.92800$ $p < .0001$	$r = 0.28871$ $p < .0001$	$r = 0.15209$ $p < .0.0073$	$r = 0.12344$ $p < .0.0298$
UR _{ARDUINO 2}							$r = 0.34848$ $p < .0001$	$r = 0.10971$ $p < .0.0540$	$r = 0.09005$ $p < 0.1142$
T. EXTERNA A SALA								$r = -0.62556$ $p < .0001$	$r = -0.07594$ $p < .0.1831$
UR _{EXTERNA A SALA}									$r = 0.56282$ $p < .0001$

Ao observar o funcionamento dos sensores Arduinos 1 e 2, a média de todas as mensurações de temperatura durante os dias de avaliação ficaram na faixa ideal de 30 a 34°C (Figura 13 - A) e a média de todas as mensurações de temperatura durante os horários (9h as 18h) de coleta ficaram na faixa ideal de 30 a 34°C (Figura 13 - B), o que indica que o protótipo foi eficiente em manter as condições pré-estabelecidas. Estas mesmas temperaturas foram preconizadas por Macari & Furlan (2001) que afirmam uma temperatura de conforto térmico equivalente a 34°C para pintos de corte na primeira semana de vida. A correlação entre os Arduinos 1 e 2 e o sensor das lâmpadas de infravermelho foram respectivamente de $r = 0.66082$; $p < 0.0001$ e $r = 0.63480$; $p < 0.0001$.

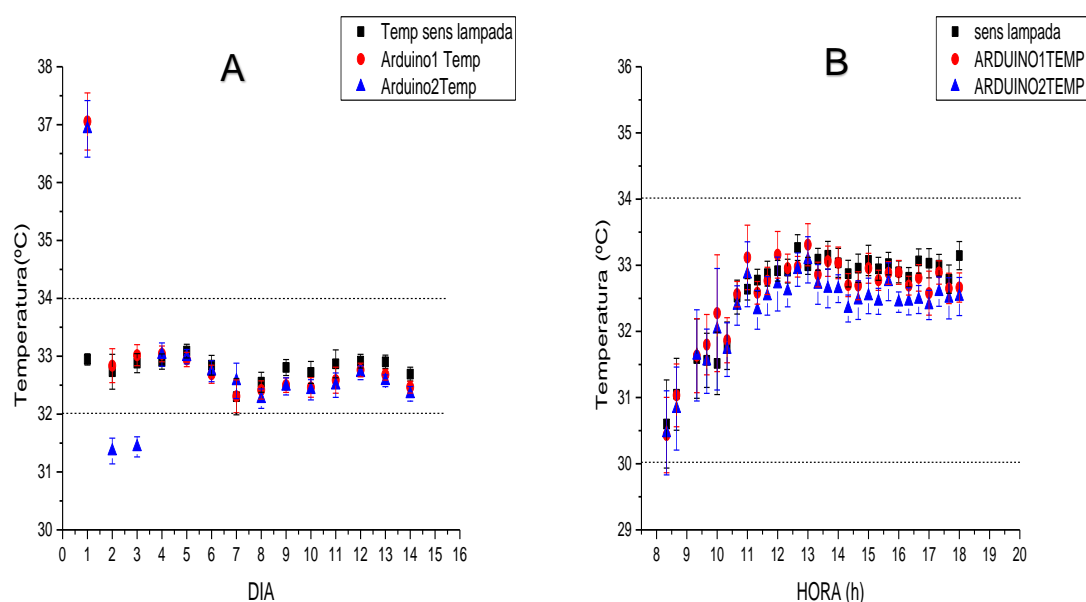


Figura 13. Médias (\pm EP) das temperaturas dos Arduinos (1 e 2) e do sensor da lâmpada – A) nos dias e B) horários (9h as 18h) de coleta na UEP - Avicultura do IFB - Planaltina – DF.

Com o funcionamento dos sensores Arduinos 1 e 2, a média de todas as mensurações de umidade relativa durante os dias de avaliação variou entre 40 e 55% (Figura 14 - A) e a média de todas as mensurações de umidade relativa durante os horários de coleta ficaram na faixa de 42,5 a 48,5 % (Figura 14 - B).

A faixa ideal de umidade relativa preconizada por Cassuce et al. (2013) estava em torno de 55 a 60%. A manutenção da umidade relativa ainda é uma dificuldade nos testes de conforto térmico animal. A correlação entre os Arduinos 1 e 2 foram de $r = 0.92800$; $p < 0.0001$.

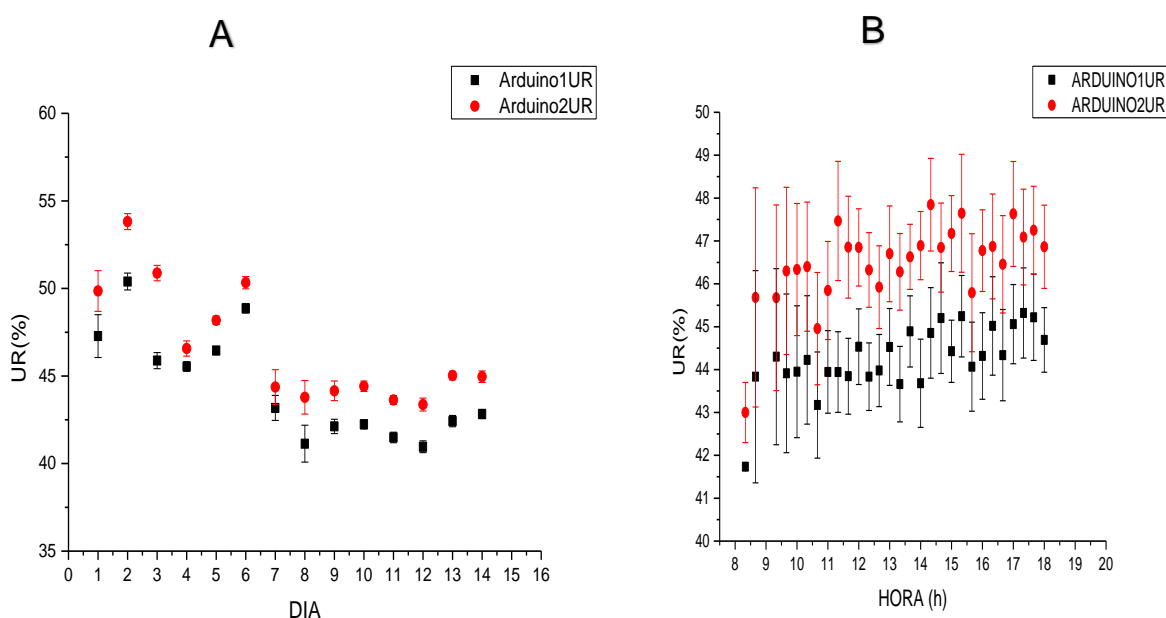


Figura 14. Médias (\pm EP) das umidades relativas dos Arduinos (1 e 2) – A) nos dias e B) horários de coleta na UEP - Avicultura do IFB - Planaltina – DF

Conforme a figura 15, observou-se que foi necessário um período de aproximadamente 3 horas desde o início das coletas diárias para que a temperatura no interior do protótipo se estabilizasse, mantendo – se constante, entre 32° C e 34°C, e portanto, o protótipo possui capacidade de manter a temperatura pré-estabelecida ao longo do dia.

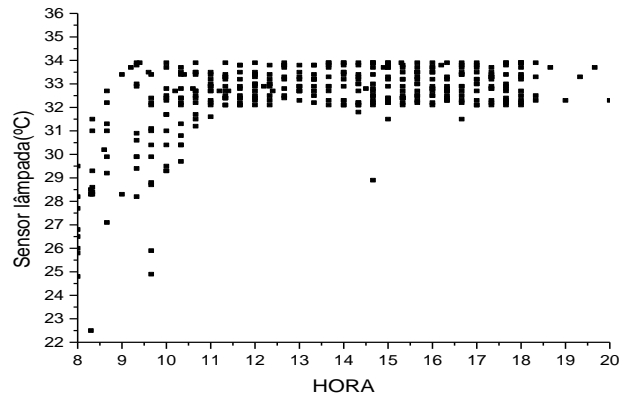


Figura 15. Dispersão das temperaturas mensurada pelo Arduino da lâmpada em função das horas do dia durante os horários de coleta na UEP - Avicultura do IFB - Planaltina – DF.

Foi possível observar uma correlação significativa ($P < 0.05$) entre a leitura dos Arduinos (Arduino 1 e 2) e o sensor da lâmpada ($r = 0,60751$; $p < 0,0001$ e $r = 0,57265$; $p < 0,0001$, Tabela 3), conforme as temperaturas medidas pelos sensores dos Arduinos aumentam, a temperatura medida pelo sensor também aumenta, mas vale ressaltar que a temperatura é limitada a 34°C de forma que quando esta temperatura era atingida, as lâmpadas desligavam (Figura 16).

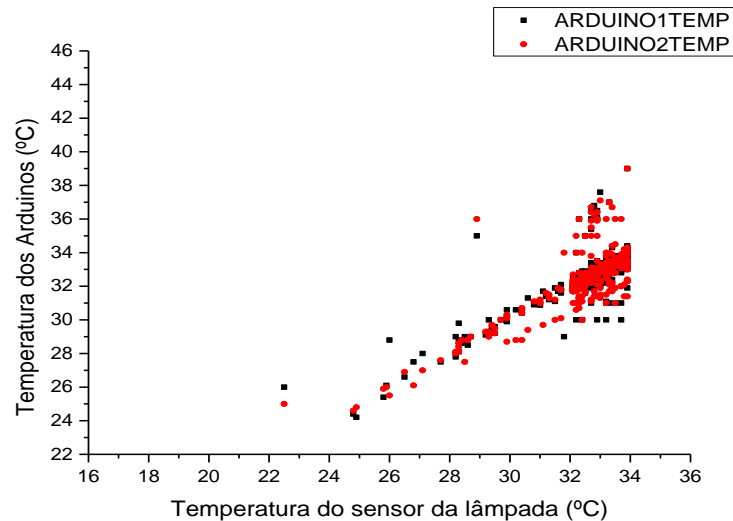


Figura 16. Dispersão das temperaturas mensurada entre o sensor da lâmpada e os dois sensores dos Arduinos, durante os dias de coleta na UEP - Avicultura do IFB - Planaltina – DF

As médias das temperaturas mensuradas ao longo dos horários de coleta (9h as 18h), demonstram que mesmo com a variação da temperatura externa, a temperatura no interior da sala conseguiu se manter entre 28 a 30° C, o que evidencia a eficiência do isolamento feito com isopor colocado no interior da sala de alvenaria (Figura 17 - A) e a UR no interior da sala se manteve entre 45 e 55% (Figura 17 - B). Porém, sabe-se que elevado valor de umidade combinado com altas temperaturas é maior fonte de desconforto do que baixa umidade relativa (Macari & Furlan, 2001). Deve-se atentar, no entanto, durante a condução das pesquisas em relação a baixa umidade relativa do ar por períodos prolongados, que podem causar desidratação de mucosas em pintos na primeira semana de vida, e aumentar o risco de doenças cardíacas e pulmonares no decorrer do ciclo (Baião et al., 1998). Mesmo com a variação da umidade relativa externa a sala, a umidade no interior da sala conseguiu se manter constante com valores de correlação entre elas igual a $r = 0.56282$; $p < 0.001$ (tabela 3).

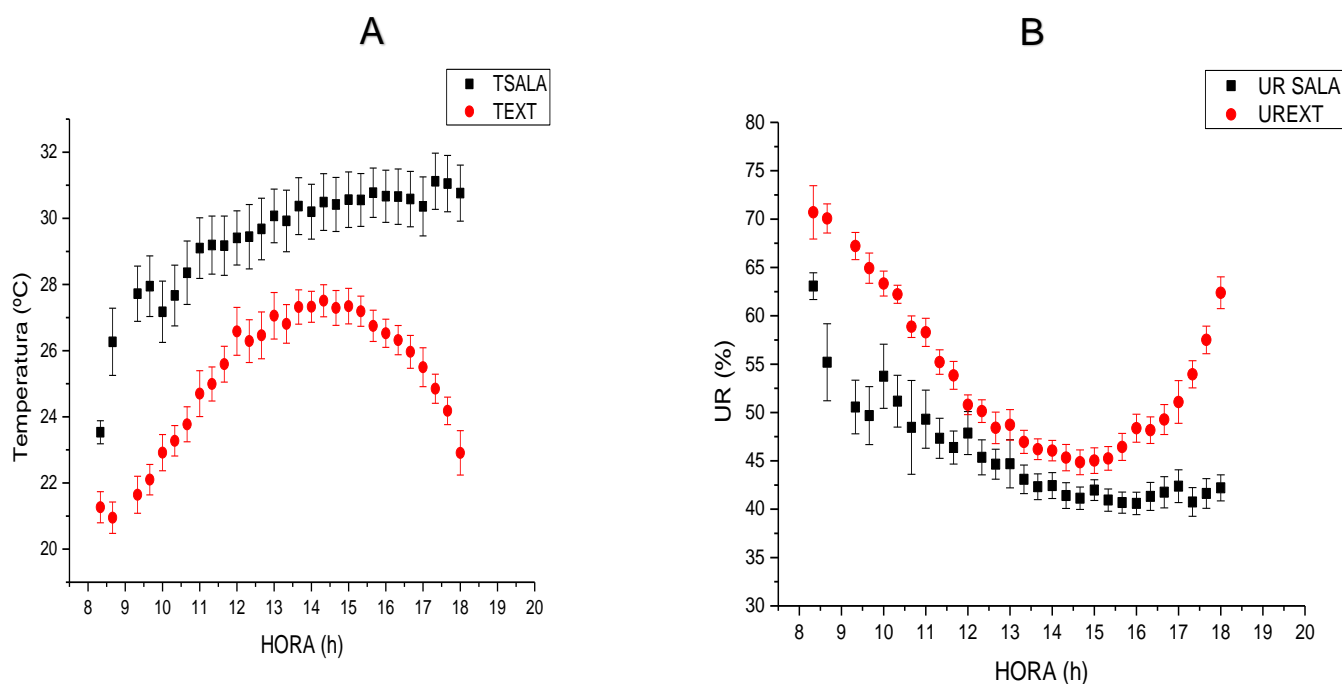


Figura 17. Médias (\pm EP) das A) temperaturas e B) umidade relativa da sala e do ambiente externo durante os horários de coleta na UEP - Avicultura do IFB - Planaltina – DF.

Segundo Abreu et al., (2011), estruturas destinadas a criação de pintos de corte precisam sofrer o mínimo possível influências de temperaturas externas. No presente trabalho, durante os 13 dias de avaliação, não consecutivos, a temperatura da sala não apresentou variação a partir das temperaturas externas mensuradas. As médias das temperaturas mensuradas ao longo dos horários de coleta (9h as 18h, a cada 20 minutos), com utilização do desvio padrão, demonstram que mesmo com a variação da temperatura externa, a temperatura no interior da sala conseguiu se manter entre 28 e 30°C, o que evidencia a eficiência do isolamento feito com isopor colocado no interior da sala de alvenaria (Figura 18). Ressalta-se que o isopor é um material de baixo custo, leve, de fácil manuseio, e portanto, eficiente na pesquisa.

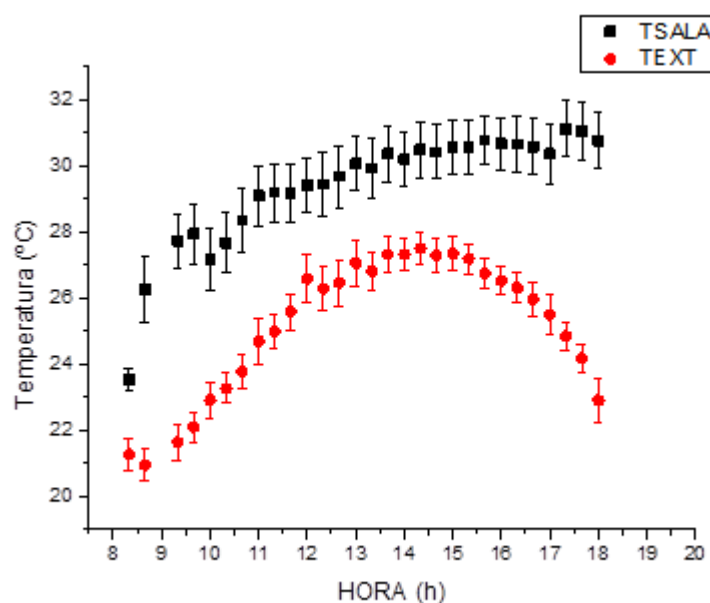


Figura 18. Médias (\pm EP) das temperaturas da sala e do ambiente externo durante os horários de coleta na UEP - Avicultura do IFB - Planaltina – DF.

Os dados de dispersão (Figura 19) mostram que o isolamento no interior da sala com isopor e a utilização do ar condicionado para aquecimento, permitiram que a temperatura externa a sala pouco influenciasse a temperatura interna, no qual é possível visualizar alguns dias em que temperatura externa estava a 23° C e a temperatura interna a 34 °C.

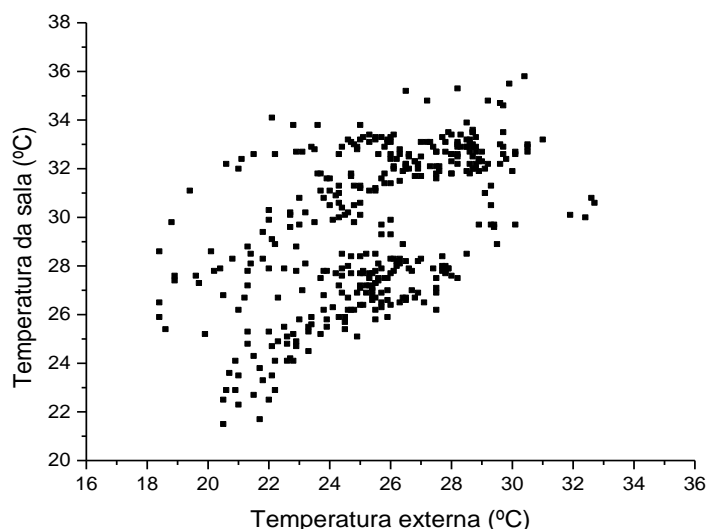


Figura 19. Dispersão das temperaturas da sala e do ambiente externo durante os dias de coleta na UEP - Avicultura do IFB - Planaltina – DF

6.CONCLUSÃO

O protótipo proposto para a mensuração da zona de conforto térmico de pintos de corte foi validado, pela demonstração da manutenção da temperatura pré-estabelecida ao longo dos dias e horários de coleta.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O protótipo é de baixo custo e pode ser utilizado para estudos de ambiência, comportamento e bem-estar animal por possibilitar o monitoramento das condições ambientais no seu interior, tais como temperatura, umidade relativa do ar, concentração de gases, quantidade e período de exposição à luz. Além disso, permite mensurar a temperatura superficial das aves por meio de uma câmera infravermelha, sendo uma ferramenta não-invasiva e com grande potencial para a área de Ambiência.

7.REFERÊNCIAS

ABREU, V.M.N.; ABREU, P.G de.; **Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. Revista Brasileira de Zootecnia**, Concórdia – SC, v.40, p.1-14, 2011.

Abreu,P.G.de .**Modelos de aquecimento**, IV simpósio brasil sul de avicultura, 2003, Chapecó, SC, Brasil. Área de Construções Rurais e Ambiência Embrapa Suínos e Aves.

ABPA. Associação Brasileira de Proteína animal. **Relatório Anual 2018**. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/storage/files/relatorio-anual-2018.pdf>. Acesso em: 21 de maio de 2019.

Alecrim, P.D. de.; Campos, A.T.; Yanagi Junior.Tadayuki.; **Sistema automatizado embarcado em microcontrolador para controle e supervisão do ambiente térmico para aviários**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.41, n.1, p.33–45, 2013.

Andrade, R.C., **Determinação da faixa de conforto térmico para galinhas poedeiras na fase inicial de criação**. Rafaella Resende Andrade. 2017. 64p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, UFV. Viçosa - MG,2017.

Arduino. Arduino Incorporation. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em 24 de abril de 2019.

Barbosa, R.C.; **Análise de viabilidade econômica de sistemas de aquecimento de instalações agropecuárias para criação de frangos de corte**. Revista Engenharia na Agricultura, Viçosa – MG, v.25, n.03, p.212-222, 2017.

BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais, conforto animal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 246p.

BAIÃO, N.C.; CANÇADO, S.V.; LÚCIO, C.G. **Efeito do período de incubação e do intervalo entre o nascimento e o alojamento de pintos sobre o desempenho do frango**. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.50, p.329-335, 1998.

CASSUCE, D. C.; TINOCO, I. D. F.; BAETA, F. C.; ZOLNIER, S.; CECON, P. R.; VIEIRA, M. D. A. **Thermal Comfort Temperature Update for Broiler Chickens up to 21 Days of Age**. Engenharia Agrícola, v. 33, n. 1, p. 28-36, 2013.

CURTIS, S. E. **Environmental management in animal agriculture**. Ames: Iowa State University Press, 1983. 409p.

CALDAS, E.O.L.; **Análise econômica da produção industrial de frangos de corte: estudo sob a ótica do produtor integrado**. 2014. 114 f. Dissertação (mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte, 2014.

CAMPOS, E.J. **Programa de alimentação e nutrição para as aves de acordo com o clima. Reprodutoras**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AMBIÊNCIA E INSTALAÇÃO NA AVICULTURA INDUSTRIAL, 1995, Campinas. Anais... Campinas: Editora FACTA, 1995, p.251-257.

CÂNDIDO, M. G. L.; TINÔCO, I. F. F.; PINTO, F. A. C.; SANTOS, N. T.; ROBERTI, R. P. **Determination of thermal comfort zone for early-stage broilers**. Engenharia Agrícola, v. 36, n. 5, p. 760–767, 2016.

COELHO, Diogo José de Rezende. **Ambiente térmico e aéreo de aviários sólidos de frangos de corte acondicionados artificialmente para condições climáticas do Brasil e Portugal**. 2018. 164 f. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa, 2018.

FERRAZ, F.P.; **Distribuição espacial do índice de temperatura do globo e umidade em galpão de frangos na primeira semana de vida aquecido por fornalha industrial**. Revista Energia na agricultura, Lavras, vol. 32, n.4, p.356-363, 2017.

Fonseca, A.L.B.; Nascimento, S.T. **Desenvolvimento de um protótipo para estudos sobre a temperatura superficial e o comportamento de frangos de corte**. Relatório. Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.2018.

GLAVINA, A.S., 1986 - G552a.**Alteração do ambiente térmico em aviários utilizando painéis de resíduos**.2017. 127p. Dissertação (mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP. Botucatu – SP, 2017.

Klein, Daniela. **Comportamento de frangos de corte em diferentes condições térmicas**. 2016. 70p.; 30cm. Dissertação (mestrado em Zootecnia) Universidade federal de Santa Maria (UFSM, RS), Santa Maria, RS, 2016.

LEVA, Flavia Fernandes de. **Estudos de sistemas de aquecimento aplicado a galpões avícolas com uso de elementos finitos**. 2010. 172 f. Tese (Doutorado em Engenharias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

MACARI, M.; FURLAN, R.L. **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. In: SILVA, I.J. (Ed.). Piracicaba: FUNEP, 2001. p.31-87.

MEDEIROS, M.M.; BAETA, F.C.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. **Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte**. Engenharia na Agricultura, v.13, n.4, p.277-286, 2005.

NASCIMENTO, S.T.; SILVA, I.J.O.; MAIA, A.S.C.; CASTRO, A.C.; VIEIRA, F.M.C. **Mean surface temperature prediction models for broiler chickens – a study of sensible heat flow**. *International Journal of Biometeorology*, 58(2), p. 195-201, 2014.

NASCIMENTO, S.T., **Modelagem do equilíbrio térmico de frangos de corte: um estudo da geração e transferência de calor**. 139p. 2015. Tese (doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015.

OKABE, A.M.DOS SANTOS., **Monitoramento da temperatura e umidade relativa em um ambiente para secagem de madeira**. Apresentado no Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC', Fortaleza-CE, Brasil. 2015.

OLIVEIRA, M.E. **Desenvolvimento de sistema automatizado de monitoramento de ambientes de produção animal, utilizando uma rede de sensores sem fio**. 2015. 56p. Dissertação (mestrado em Administração do programa em gestão e inovação na Indústria Animal) – faculdade de Zootecnia e engenharia de alimentos da universidade de São Paulo. Pirassununga, São Paulo, 2015.

Pokharel, B. B.; Santos, V. M.; Wood, D.B.; Van Heys and A. Harlander-Matauschek*. **Laying hens behave differently in artificially and naturally sourced ammoniated environments.2017.**

STAUB, L.; MORAES, M.D.G.; SANTOS, M.G.; et al. **Ambiência interna e externa em galpão de frangos de corte nas diferentes épocas do ano e fases de criação.** Nativa, v.4, n.3, p.128-133. Sinop, 2016.

SANTANA, M.H.M.; GIVISIEZ, P.E.N.; JÚNIOR, J.P.F.; DOS SANTOS, E.G.; **Avaliação de protótipos de incubadoras sobre os parâmetros embrionários de ovos férteis caipiras.** Revista de Ciências Agrárias, 2013, 36(2): 157-162.

TELES JUNIOR, C.G de Souza, **Análise de imagem na avaliação do comportamento ingestivo e ganho de massa corporal de frangos de corte em fase inicial, submetidos a diferentes ambientes térmicos.**92f.(Dissertação) Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, UFV. Viçosa, MG., 2016.

TINÔCO, I.F.F. **Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros.** Revista Brasileira de Ciência Avícola, v.3, n.1, p.1-26, 2001.

Tinoco, Ilda.F. F. Osorio, Robinson. **Calidad del aire en galpón avícola con ventilación natural durante la fase de pollitos Robinson.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 2016. 7f.

VASCONCELOS, M. C.; BASSI, N. S. S.; SILVA, C. L. da. **Caracterização das tecnologias e inovação na cadeia produtiva do frango de corte no Brasil.** Paraná: Universidade tecnológica do Paraná, 2016.p.251-269.

VIGODERIS, R. B.; **Sistemas de aquecimento de aviários e seus efeitos no conforto térmico ambiental, qualidade do ar e performance animal, em condições de inverno na região sul do Brasil.**104f. Tese apresentada como exigência do programa de pós graduação em engenharia agrícola. Viçosa, MG.2006.

VITORASSO,G. Análise comparativa do ambiente de aviários de postura com diferentes sistemas de acondicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia**

Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG . v.13, n.6, p.788–794, 2009.